



IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In the Patent Application of: )  
BERNARDINI ET AL. )

Serial No. 09/996,070 )

Confirmation No. 1132 )

Filing Date: NOVEMBER 28, 2001 )

For: TEXTILE-LIKE CAPACITIVE )  
PRESSURE SENSOR AND METHOD OF )  
MAPPING THE PRESSURE EXERTED )  
AT POINTS OF A SURFACE OF A )  
FLEXIBLE AND PLIABLE OBJECT, )  
PARTICULARLY OF A SAIL )

COPY OF PAPERS  
ORIGINALLY FILED

TRANSMITTAL OF CERTIFIED PRIORITY DOCUMENT

Director, U.S. Patent and Trademark Office  
Washington, D.C. 20231

Sir:

Transmitted herewith is a certified copy of the  
priority European Application No. 00830779.5.

Respectfully submitted,

PAUL J. DITMYER  
Reg. No. 40,455  
Allen, Dyer, Doppelt, Milbrath  
& Gilchrist, P.A.  
255 S. Orange Avenue, Suite 1401  
Post Office Box 3791  
Orlando, Florida 32802  
Telephone: 407/841-2330  
Fax: 407/841-2343  
Attorney for Applicant

CERTIFICATE OF MAILING

I hereby certify that this correspondence is being  
deposited with the United States Postal Service as first class  
mail in an envelope addressed to: DIRECTOR, U.S. PATENT AND  
TRADEMARK OFFICE, WASHINGTON, D.C. 20231, on this 28<sup>th</sup> day of  
February, 2002.

This Page Blank (uspto)



**Europäisches  
Patentamt**

**European  
Patent Office**

**Office européen  
des brevets**

**Bescheinigung**

**Certificate**

**Attestation**

Die angehefteten Unterlagen stimmen mit der ursprünglich eingereichten Fassung der auf dem nächsten Blatt bezeichneten europäischen Patentanmeldung überein.

The attached documents are exact copies of the European patent application described on the following page, as originally filed.

Les documents fixés à cette attestation sont conformes à la version initialement déposée de la demande de brevet européen spécifiée à la page suivante.

**Patentanmeldung Nr.    Patent application No.    Demande de brevet n°**

00830779.5

Der Präsident des Europäischen Patentamts;  
Im Auftrag

For the President of the European Patent Office

Le Président de l'Office européen des brevets  
p.o.

**R C van Dijk**

DEN HAAG, DEN  
THE HAGUE,    21/11/01  
LA HAYE, LE

**This Page Blank (uspto)**



Europäisches  
Patentamt

European  
Patent Office

Office européen  
des brevets

**Blatt 2 der Bescheinigung  
Sheet 2 of the certificate  
Page 2 de l'attestation**

Anmeldung Nr.:  
Application no.: 00830779.5  
Demande n°:

Anmeldetag:  
Date of filing: 28/11/00  
Date de dépôt:

Anmelder:  
Applicant(s):  
Demandeur(s):  
STMicroelectronics S.r.l.  
20041 Agrate Brianza MI  
ITALY

Bezeichnung der Erfindung:  
Title of the invention:  
Titre de l'invention:

Textile-like capacitive pressure sensor and method of mapping the pressure exerted at points of a surface of a flexible and pliable object, particularly of a sail

In Anspruch genommene Priorität(en) / Priority(ies) claimed / Priorité(s) revendiquée(s)

Staat:  
State:  
Pays:

Tag:  
Date:  
Date:

Aktenzeichen:  
File no.  
Numéro de dépôt:

Internationale Patentklassifikation:  
International Patent classification:  
Classification internationale des brevets:  
G06K11/16, B63B17/00, G01L1/14

Am Anmeldetag benannte Vertragsstaaten:  
Contracting states designated at date of filing: AT/BE/CH/CY/DE/DK/ES/FI/FR/GB/GR/IE/IT/LI/LU/MC/NL/PT/SE/TR  
Etats contractants désignés lors du dépôt:

Bemerkungen:  
Remarks:  
Remarques:

See for original title of the application page 1 of the description

This Page Blank (uspto)

VA/X01236/EP

*Italian Text Pursuant to Art. 14.2*

**“DISPOSITIVO DI RILEVAZIONE DELLA PRESSIONE ESERCITATA  
IN DIVERSI PUNTI DI UNA SUPERFICIE DI UN ARTICOLO  
FLESSIBILE E CONFORMABILE, SENSORE DI PRESSIONE  
5 BIDIMENSIONALE A MATRICE DI CONDENSATORI E METODO DI  
RILEVAZIONE DELLA PRESSIONE AGENTE SU UNA VELA”**

**CAMPO DELL'INVENZIONE**

L'invenzione concerne le tecniche e i dispositivi di rilevazione della pressione sopra la superficie di un articolo flessibile e conformabile in forme diverse come  
10 un rivestimento tessile, una vela ecc. e più in particolare ad un sensore bidimensionale di pressione di tipo capacitivo.

**BACKGROUND DELL'INVENZIONE**

Esistono numerose applicazioni per un dispositivo in grado di rilevare un campo di pressione, ovvero l'immagine della distribuzione della pressione agente su una  
15 certa superficie, non necessariamente piana o comunque rigida, bensì flessibilmente conformabile in forme diverse.

Ad esempio, nel campo dei giocattoli cosiddetti “intelligenti” così come il best seller pupazzo “Furby”, ma più in generale nell'ambito della fabbricazione di robot intelligenti, un certo rivestimento esterno del pupazzo o del robot potrebbe  
20 vantaggiosamente incorporare elementi sensori distribuiti in modo più o meno uniforme sulla superficie del materiale flessibile e conformabile di rivestimento, in grado di fornire in uscita dati rappresentativi di un'immagine di distribuzione della pressione esercitata sopra la superficie esterna del rivestimento conformabile. L'intelligenza artificiale incorporata nel giocattolo o nel robot  
25 sarebbe quindi in grado di leggere immagini di distribuzione della pressione, distinguendo per esempio il campo di distribuzione della pressione esercitata da una mano adulta che possa stringere o maneggiare il giocattolo dalla mano di un fanciullo nonché distinguere se l'azione della mano è quella di una carezza, di una

stretta vigorosa o di colpi inferti.

Un altro importante esempio di utilità di un tale sensore bidimensionale di pressione è rappresentato dal problema di rilevare in modo sistematico la pressione o meglio la distribuzione della pressione agente sulle facce di sopravvento e di sottovento di una vela così da poterne ottimizzare l'assetto agendo sui diversi dispositivi di regolazione della forma e dell'orientazione della vela stessa rispetto al vento apparente. A questo scopo sono stati proposti dei classici sensori differenziali di pressione costituiti da capillari posti in prossimità dell'una e dell'altra faccia della vela, che però sono in grado di fornire solo un'indicazione della pressione rilevata localmente nel punto di posizionamento del capillare.

Il problema di una rilevazione della distribuzione della pressione sopra l'intera o sopra una parte significativa della superficie velica tale da fornire vere e proprie immagini del campo di pressione agente sulla vela resta sostanzialmente irrisolto.

Anche i sistemi di ottimizzazione dell'assetto della vela basati sull'osservazione e/o rilevamento strumentale del carattere laminare o turbolento del flusso d'aria in diversi punti della superficie velica, appositamente equipaggiati con leggere fettucce fissate a bandiera sulla superficie velica rimane un metodo impreciso e non facilmente gestibile con moderni sistemi di acquisizione ed elaborazione dei dati in tempo reale.

Esistono peraltro sensori capacitivi bidimensionali di pressione sviluppati primariamente per realizzare i cosiddetti "touch pads" di PC portatili che consentono di ricostruire la posizione di un oggetto gravante sulla superficie del sensore. Il brevetto US Patent No. 5,374,787 descrive un rilevatore della posizione di un tale oggetto su una superficie sensibile.

Tuttavia, questi dispositivi noti sono realizzati mediante tecniche di fabbricazione dei circuiti stampati (PCB), secondo cui un substrato di vetroresina o di mylar® ha strisce di rame ortogonali definite su l'una e l'altra faccia del substrato. Nonostante che, impiegando un substrato di mylar o altro materiale equivalente,



l'oggetto possa risultare moderatamente flessibile, almeno per frecce di deflessione di piccola entità, il dispositivo sensore rimane sostanzialmente rigido e non conformabile nelle più svariate forme geometriche dato che le strisce definite di rame sulle superfici si romperebbero.

- 5 E' evidente come tali dispositivi noti non siano usabili per rivestire un giocattolo o un robot né tantomeno per essere incorporati in una vela o in qualsiasi altro articolo che debba risultare flessibile e in grado di conformarsi in forme diverse alla stregua di un tessuto.

#### SCOPO E SOMMARIO DELL'INVENZIONE

- 10 Scopo primario della presente invenzione è di fornire un dispositivo di rilevazione della pressione esercitata su diversi punti di una superficie di un articolo flessibile e conformabile in forme diverse ed un sensore bidimensionale di pressione costituito da una matrice di condensatori integrabile o applicabile ad un articolo flessibile conformabile.
- 15 Questi requisiti sono pienamente soddisfatti dalla presente invenzione in cui un sensore capacitivo bidimensionale di pressione costante di una pluralità di condensatori costituiti da due ordine di elettrodi paralleli o quasi paralleli tra loro, mutualmente ortogonali l'uno all'altro e separati, almeno in corrispondenza delle zone di incrocio tra elettrodi appartenenti all'uno e all'altro ordine, da uno strato
- 20 di materiale dielettrico elasticamente comprimibile, costituendo una matrice di armature colonna ed armature riga separate almeno nelle zone di incrocio dallo strato dielettrico elasticamente comprimibile.

- Il sistema di polarizzazione e lettura della capacità comprende circuiti di selezione di un'armatura colonna e di selezione di un'armatura riga e una circuiteria logica
- 25 di controllo sequenziale di detti circuiti di selezione di colonna e di riga per generare valori di lettura della pressione relativi a singoli pixel rappresentati dal condensatore costituito nell'area di sovrapposizione di una selezionata armatura di colonna con una selezionata armatura di riga.

Secondo una prima forma di realizzazione, ciascuno dei due ordini di elettrodi paralleli o sostanzialmente quasi paralleli tra loro può essere realizzato in forma di un tessuto composto da fili di trama di materiale dielettrico e da fili di ordito alternatamente di materiale conduttore e di materiale dielettrico (o anche  
5 viceversa).

I fili di materiale conduttore del tessuto costituiscono gli elettrodi paralleli di un rispettivo ordine e due tessuti di questo tipo sono stabilmente fissati sulle facce opposte di uno strato dielettrico, ad esempio di lattice o materiale plastico espanso elasticamente comprimibile, orientando i tessuti in modo che i fili di materiale  
10 conduttore dell'uno risultino ortogonali ai fili di materiale conduttore dell'altro.

Alternativamente, i due ordini di elettrodi paralleli o sostanzialmente quasi paralleli tra loro possono essere realizzati sottoforma di strisce parallele di vernice conduttrice applicata su una rispettiva faccia di uno strato o multistrato dielettrico comprendente almeno uno strato di lattice o materiale plastico espanso  
15 elasticamente comprimibile.

Ancora alternativamente, i due ordini di elettrodi paralleli o sostanzialmente quasi paralleli tra loro possono essere costituiti da una pluralità di strisce di nastro adesivo incorporante un nastro di un materiale conduttore, applicate sulla superficie di un articolo flessibile ed in grado di conformarsi in forme diverse  
20 anche non piane se così sollecitato. Il secondo ordine di elettrodi può essere applicato sopra il primo ordine di elettrodi interponendo in ciascuna zona di incrocio tra un elettrodo del primo ordine ed un elettrodo del secondo ordine un tampone dielettrico di un materiale elasticamente comprimibile.

Secondo un'ulteriore forma di realizzazione, ciascun tampone dielettrico di  
25 materiale elasticamente comprimibile può anche comprendere un film metallico su entrambe le facce che è quindi contattato dal nastro o filo di materiale conduttore del rispettivo nastro adesivo dell'uno e dell'altro ordine.

In sostanza, in diretta ed intima associazione ad un articolo flessibile conformabile quale un tessuto o un multistrato, che può incorporare anche uno strato di un

materiale elasticamente comprimibile, si realizza una matrice di condensatori ordinati per righe e colonne le cui linee di connessione elettrica sono individualmente selezionabili così da consentire una misura di capacità del singolo condensatore selezionato che può essere rappresentato dalla  
5 sovrapposizione in un determinato punto di incrocio di un conduttore di riga e di un conduttore di colonna selezionati.

L'intera area della matrice così costituita sull'articolo flessibile conformabile è analizzabile per singoli pixel (singole misure di capacità).

Indipendentemente dalla forma assunta momentaneamente o stabilmente  
10 dall'articolo flessibile e conformabile e quindi dagli stress "statici" trasmessi dalle armature dei singoli condensatori al relativo strato dielettrico elettricamente comprimibili, effetti che possono essere in buona parte o completamente compensati dalla circuiteria di rilevazione, la scansione di tutti i pixel (condensatori) della matrice così costituita è in grado di fornire un'immagine della  
15 distribuzione ovvero dei relativi valori locali della pressione agente sui vari pixel, così stabiliti sopra una superficie anche complessa dell'articolo flessibile e conformabile.

Gli elettrodi armatura, siano essi fili di materiale conduttore, tessuti con fili di materiale dielettrico che li mantengono elettricamente isolati gli uni dagli altri, o  
20 sottili nastri di materiale conduttore incorporati in un nastro adesivo di materiale isolante o linee di vernice conduttrice, sono perfettamente flessibili e in grado di conformarsi alla diversa forma assunta dal tessuto o dal materiale di supporto sia esso tessile o di altra natura e non introducono alcun sostanziale irrigidimento dell'articolo flessibile e conformabile sul quale sono applicati o di cui fanno parte  
25 integrante.

Adatti connettori terminali consentono quindi di collegare individualmente ciascuna linea ovvero ciascuna armatura di riga e ciascuna armatura di colonna ad altrettanti piedini di una circuiteria di selezione mutualmente esclusiva di una linea o armatura di riga e di una linea o armatura di colonna, secondo un

preordinato schema di scansione per singoli pixels di tutti i condensatori (incroci), dei quali un'apposita circuiteria di polarizzazione e di misura ne determina il valore corrente di capacità.

Il dispositivo produce eventualmente un flusso di dati digitali relativi a immagini  
5 della distribuzione della pressione sui singoli pixel, in termini di pressione relativa e/o assoluta che sono prodotte in tempo reale dal dispositivo dell'invenzione, con una certa "frequenza di quadro".

#### BREVE DESCRIZIONE DEI DISEGNI

La **Figura 1** è uno schema della struttura di un sensore bidimensionale di  
10 pressione dell'invenzione.

La **Figura 2** mostra una tecnica tessile di realizzazione di un sensore bidimensionale dell'invenzione.

La **Figura 3** è uno schema di un sensore dell'invenzione realizzato per  
applicazione di striscia di vernice conduttrice e comprendente corsie di  
15 istradamento delle rispettive connessioni dei due ordini di elettrodi verso un piccolo circuito stampato.

La **Figura 4** mostra un'alternativa forma di istradamento (routing) dei collegamenti dei singoli elettrodi dei due ordini di elettrodi del sensore.

Le **Figure 5a e 5b** illustrano due alternative forme di incorporazione di un  
20 dispositivo di lettura dei dati di pressione dal sensore.

La **Figura 6** è uno schema di stimolazione e lettura in corrente alternata.

La **Figura 7** è uno schema di stimolazione e lettura in corrente continua.

Le **Figure 8, 9 e 10** illustrano un prototipo di sensore di pressione dell'invenzione e relative immagini della mappa di distribuzione della pressione in caso di  
25 pressione esercitata con il palmo della mano e con il pugno chiuso.

La **Figura 11** contiene gli elementi illustrativi dell'ottimizzazione dell'angolo di incidenza di una vela rispetto al vento reale.

La **Figura 12** mostra una vela equipaggiata con un sensore bidimensionale di pressione dell'invenzione

30 La **Figura 13** illustra una conformazione preferita di ciascun pixel di rilevazione

della pressione locale.

La **Figura 14** illustra il meccanismo di variazione della capacità di ogni singolo pixel costituito da un condensatore della matrice di condensatori, al variare della pressione esercitata dal vento apparente.

- 5 La **Figura 15** mostra la struttura di ciascun pixel capacitivo del sensore secondo una forma alternativa di realizzazione.

La **Figura 16** mostra lo schema di collegamento di ciascun pixel della Fig. 15 nella matrice di condensatori del sensore bidimensionale dell'invenzione.

#### DESCRIZIONE DI ALCUNE FORME DI REALIZZAZIONE DELL'INVENZIONE

- 10 La Fig. 1 mostra la struttura di un sensore bidimensionale di pressione avente una struttura tessile secondo una prima forma di realizzazione della presente invenzione.

- L'articolo con caratteristiche tessili e quindi sostanzialmente flessibile e conformabile in una certa forma geometrica generalmente non piana, ad esempio  
15 per rivestire un giocattolo o un robot, è, secondo questa forma di realizzazione, costituito da un composito comprendente almeno due tessuti ciascuno dei quali ha fili, o trecce di fili o fettucce di trame o di ordito di un materiale conduttore flessibile intessute con fili, trecce o fettucce di un materiale elettricamente isolante così da mantenere ciascuna fettuccia o filo conduttore parallelo ed isolato rispetto  
20 agli altri ad esso adiacenti.

- Due tessuti sostanzialmente identici di questo tipo sono permanentemente fissati, ad esempio per incollaggio, per saldatura o per cucitura sulle facce contrapposte di un foglio di materiale elasticamente comprimibile. Tale strato elasticamente comprimibile può essere qualsiasi materiale non conduttore avente adeguate  
25 caratteristiche di conformabilità e di elasticità nei confronti della compressione, quale ad esempio un foglio di neoprene, un foglio di lattice o di materiale plastico espanso elastico o un qualsiasi altro materiale dielettrico funzionalmente equivalente.

I fili o fettucce conduttrici di ciascun tessuto costituiscono altrettanti elettrodi

paralleli distanziati tra loro che realizzano nei punti di sovrapposizione (incrocio) con gli analoghi elettrodi paralleli del secondo tessuto fissato sulla faccia opposta dello strato elasticamente comprimibile ed orientati in senso ortogonale rispetto agli elettrodi del primo tessuto, una matrice di condensatori pixel, nelle zone di sovrapposizione (incroci), le cui armature rappresentate dai fili o fettucce conduttrici dell'uno e dell'altro ordine di elettrodi in una certa zona di incrocio risulteranno separate da una distanza, sostanzialmente equivalente allo spessore "a riposo" dello strato dielettrico elasticamente comprimibile interposto tra i due tessuti, che potrà quindi variare in funzione della pressione localmente esercitata nel particolare punto della superficie dell'articolo coincidente con un certo condensatore di incrocio ovvero con un certo pixel.

Naturalmente non è strettamente necessario che i due ordini di elettrodi risultino costituiti da elettrodi perfettamente paralleli e/o equamente distanziati tra loro. In pratica, gli elettrodi di ciascun ordine (tessuto nel caso della struttura composta della Fig. 1) possono anche non essere perfettamente paralleli tra loro né uniformemente distanziati e al limite possono anche essere intessuti con i fili e/o fettucce di materiale isolante secondo un qualsivoglia pattern che possa comunque realizzare in cooperazione con il secondo tessuto posto sulla faccia opposta dello strato elasticamente comprimibile, una matrice di elementi capacitivi sensibili alla pressione localmente esercitata su di essi.

La Fig. 2 mostra una forma di realizzazione di un tessuto con elementi conduttori "quasi paralleli" e disuniformemente distanziati tra loro, ad esempio per disegnare patterns di diverse tonalità.

Comunemente nel caso di una forma di realizzazione tessile dei due ordini di elettrodi paralleli o quasi paralleli tra loro, si può facilmente ottenere una "risoluzione" di circa 200µm sia per la larghezza sia per la distanza di separazione tra elettrodi di armatura (di riga e di colonna) adiacenti. I fili o le fettucce di materiale conduttore sono preferibilmente realizzati non da un singolo filo o nastro metallico ma da una treccia di fili finissimi così da risultare perfettamente flessibili e conformabili e tali da non irrigidire l'articolo composito.

Naturalmente è anche possibile produrre un certo pattern di fili conduttori in un tessuto mediante tecniche di ricamo usando fili conduttori.

- Il collegamento di ciascun elettrodo armatura di entrambi gli ordini di elettrodi può essere realizzato lungo un lato del tessuto, saldando fili di collegamento di
- 5 ciascun elettrodo armatura ad una rispettiva piazzuola di una scheda a circuito stampato o di un connettore. I fili di collegamento possono essere affastellati assieme e stabilmente fissati lungo l'orlo del relativo tessuto.

- Alternativamente, invece di realizzare i due ordini di elettrodi mutualmente ortogonali tra loro intessendo fili o fettucce conduttrici con fili o fettucce isolanti,
- 10 gli elettrodi possono essere realizzati da strisce di vernice conduttrice formate su una faccia di un tessuto di substrato, impiegando ad esempio una maschera o tecniche di verniciatura del tipo "air brushing". Questa tecnica alternativa può essere utile per realizzare pattern anche complessi su un singolo pezzo di tessuto eventualmente da ripiegarsi come illustrato in Fig. 3.

- 15 Uno schema di organizzazione dei collegamenti è illustrato in Fig. 4 in cui è altresì indicata la presenza del dispositivo (chip) di indirizzamento dei singoli pixel, stimolazione, lettura e conversione A/D dei dati di capacità montato sulla scheda a circuito stampato (small PCB), dalla quale si diparte l'eventuale bus digitale (digital out) dei dati letti dal sensore.

- 20 La posizione della scheda a circuito stampato (chip) contenente la circuiteria di indirizzamento, stimolazione e lettura del sensore per singoli pixel, può essere sistemata in un angolo o in altra zona adatta dell'articolo incorporante il sensore bidimensionale di pressione dell'invenzione, verso il quale sono istradati i fasci (routing bundle) di fili di collegamento dei singoli elettrodi armatura.

- 25 Naturalmente adatti connettori possono essere usati per stabilire le connessioni.

In Fig. 5a è mostrata una forma di realizzazione delle connessioni attraverso uno zoccolo (female connector) fissabile nella zona di confluenza dei vari fili o strisce di vernice conduttrice di collegamento degli elettrodi armatura dei due ordini,

sopra il quale è innestabile la scheda a circuito stampato contenente la circuiteria di scansione, stimolazione e misura della capacità.

La Fig. 5b illustra un'alternativa organizzazione dei contatti.

5 Naturalmente al termine dell'assemblaggio della scheda, ovvero della circuiteria di scansione, stimolazione, lettura e conversione A/D dei dati di capacità, può essere applicato sopra le zone contenenti le parti sensibili (terminazioni, saldature, contatti, ecc.) uno strato protettivo isolante, per saldatura termica o per deposizione, secondo comuni tecniche usate per applicare un film di finitura a protezione di un certo "artwork".

10 Le circuiterie di scansione, stimolazione e lettura in modo sequenziale dei vari pixel del sensore capacitivo bidimensionale dell'invenzione possono essere diverse. In ogni caso è altamente preferibile integrare l'intera circuiteria di controllo dell'indirizzamento sequenziale delle armature di riga e di colonna, di stimolazione e di lettura della capacità di ciascun singolo condensatore (pixel)  
15 all'incrocio tra un'armatura a colonna e un'armatura di righe selezionate e relativa conversione del dato da analogico a digitale in un unico chip.

La stimolazione o polarizzazione elettrica e determinazione della capacità di ogni singolo condensatore di incrocio (pixel) può essere attuata in corrente alternata, secondo uno schema di funzionamento come quello illustrato in Fig. 6.

20 Il principio di lettura dell'array capacitivo è illustrato in Fig. 6.

In questa configurazione, un'onda sinusoidale è applicata sulla linea verticale di armatura di colonna del corrispondente pixel in modo che la variazione di carica sulla linea orizzontale dell'altra armatura di riga è letta per mezzo di un amplificatore di carica. L'onda sinusoidale di uscita peak-to peak codifica il  
25 valore della capacità del nodo indirizzato.

D'altra parte, il valore della capacità di pixel  $C_{PIX}$  è legata alla pressione  $P$  dalla relazione



$$C_{PIX}(P) = \frac{S\varepsilon}{d_0 - kP}$$

in cui  $S$  è l'area delle armature affacciate,  $\varepsilon$  è la costante dielettrica,  $k$  è un termine costante legato all'approssimazione del primo ordine dell'elasticità del materiale isolante e  $d_0$  la distanza delle armature alla pressione nulla.

- 5 Lo scopo della resistenza di retroazione  $R_r$  è dovuto al seguente fatto: all'istante in cui gli interruttori sono abilitati ad indirizzare il pixel, l'onda sinusoidale di ingresso non sarà, in generale, al suo valore medio, iniettando così una carica costante di offset nell'amplificatore, che potrebbe andare in saturazione. Collegando una resistenza nell'anello di reazione, si assicura l'azzeramento
- 10 dell'offset dopo un certo intervallo di tempo. In altre parole, in presenza della resistenza nella configurazione sopra illustrata, l'amplificatore agisce come un filtro passa alto con una canonica funzione di trasferimento:

$$H(j\omega) = \frac{V_o}{V_i}(j\omega) = \frac{j\omega R_r C_{pix}}{1 + j \frac{\omega}{\omega_r}} \quad \text{in cui} \quad \omega_r = \frac{1}{R_r \cdot C_r}$$

- In altre parole l'offset dovuto al tempo di commutazione svanirà con una costante
- 15 di tempo  $\tau = R_r \cdot C_r$ . L'ampiezza peak-to-peak di uscita, al contrario, commuterà quasi istantaneamente al nuovo valore, dal momento che la frequenza dell'ingresso sinusoidale è nella banda passante del relativo filtro passa-alto.

- È da notare che la carica iniettata nel nodo virtuale di massa dell'amplificatore operativo dovrebbe dipendere solo dalla capacità di pixel. Quindi l'iniezione
- 20 da parte delle grandi capacità parassite dovute alle colonne vicine ( $C_{COL}$ ) dovrebbe essere eliminata, come anche l'iniezione da parte di pixels nella stessa colonna. Dal momento che il nodo di massa virtuale è a un livello fissato:

- collegando a massa tutte le colonne tranne la colonna selezionata si evita l'iniezione da parte delle colonne vicine a causa di  $C_{COL}$ ;
- 25 • collegando a massa tutte le righe tranne la riga selezionata si evita l'iniezione

da pixels nella stessa colonna.

Questo accorgimento è della massima importanza per avere un buon rapporto segnale/rumore e contrasto dell'immagine della mappa di distribuzione della pressione, dal momento che tipicamente  $C_{PIX}$  può essere di un ordine di grandezza  
5 minore di  $C_{COL}$ , e la capacità totale dei pixels nella stessa colonna è uguale al numero delle righe diminuito di uno ( $N-1$ ), che può anche essere maggiore di ben due ordini di grandezza di  $C_{PIX}$ .

Alla fine dello stadio, l'onda sinusoidale di uscita può essere filtrata, raddrizzata e digitalizzata mediante circuiti correntemente usati a questo scopo.

10 Alternativamente la stimolazione e la misura di capacità può essere attuata in corrente continua, secondo lo schema illustrato in Fig. 7, in molti versi simile allo schema della figura precedente.

L'operazione è la seguente: l'interruttore di retroazione  $S1$  è prima chiuso per azzerare l'amplificatore operazionale.  $S1$  è successivamente aperto e una tensione  
15 a gradino è applicata alla riga del pixel e la carica è letta in uscita alla sua colonna.

Il principale vantaggio di questa architettura rispetto a quella precedente consiste nel fatto che è molto più facilmente integrabile in VLSI. D'altra parte, dal momento che un gradino di tensione ha uno spettro complesso, questa modalità di lettura è molto più esposta al problema del rumore di "bulk", mentre la soluzione  
20 precedente può far uso di filtri passa banda sintonizzati alla frequenza di ingresso per pulire il segnale dal rumore a larga banda dovuto per esempio ai circuiti digitali di scansione integrati sul chip.

E' stato realizzato un prototipo del dispositivo dell'invenzione impiegando due pezzi di tessuto con fili conduttori paralleli applicati sulle opposte facce di uno di  
25 materiale plastico espanso elasticamente comprimibile secondo la struttura illustrata in Fig. 1.

La larghezza e la distanza degli elettrodi paralleli di fili conduttori in tessuti con fili non conduttori erano rispettivamente di 3 mm e di 5 mm.

Lo spessore dello strato di schiuma elasticamente comprimibile a riposo era di 3 mm.

La circuiteria di selezione sequenziale dei singoli elettrodi armatura di colonna e di riga impiegava transistori MOS convenzionali e l'elemento di lettura era un  
5 amplificatore operazionale implementante uno schema AC come illustrato in Fig. 6 impiegante una frequenza sinusoidale di stimolazione di 100KHz.

L'uscita dell'amplificatore di carica veniva in primo luogo rettificata e quindi convertita tramite un convertitore analogico/digitale.

Il flusso di dati era ricevuto da una scheda di acquisizione dei dati digitali per usi  
10 generali della National Instrument e le immagini della mappa di distribuzione della pressione venivano mostrate in tempo reale ad una frequenza di quadro di 3F/s sul monitor di un PC.

In Fig. 8 è mostrato il prototipo e nelle Figg. 9 e 10 sono riprodotte le immagini relative alla pressione esercitata sul sensore dal palmo aperto della mano e dal  
15 pugno chiuso.

Un'area peculiarmente interessante di applicazione del metodo e del dispositivo dell'invenzione è quello dell'ottimizzazione della forma e dell'orientamento di una vela rispetto al vento apparente per ottimizzarne l'effetto propulsivo sull'imbarcazione.

20 Senza entrare in un'approfondita analisi dei fattori che incidono sul rendimento della vela nelle diverse andature, basterà ricordare che tutte le regolazioni che vengono attuate in funzione della particolare condizione di vento e dell'andatura sia per conferire alla vela la forma più efficiente in quelle particolari condizioni, che naturalmente per variare l'orientamento rispetto al vento apparente, sono  
25 rivolte tutte a massimizzare la componente della forza portante esercitata dal vento sulla vela e conseguentemente la spinta propulsiva sull'imbarcazione.

Le regolazioni sono normalmente eseguite sulla base di osservazioni dirette dello skipper esperto, spesso avvalendosi di indicatori di un eventuale insorgere di

flusso turbolento in determinate zone della vela, che è indicativo di una perdita di efficienza. Questi indicatori sono spesso delle leggere fettucce cucite in punti significativi della superficie velica e che quindi sono sostenute "a bandiera" dal flusso d'aria indicando eventualmente una condizione di flusso laminare o di  
5 flusso turbolento.

Dispositivi di questo tipo sono descritti ad esempio nel brevetto US Patent No. 5,877,415.

Sono stati proposti anche dispositivi automatici di regolazione in grado di elaborare un'informazione o più informazioni di ingresso rilevate  
10 automaticamente quali ad esempio la tensione e l'eventuale presenza di vibrazioni di una scotta di regolazione della vela, come descritto nel brevetto statunitense US Patent No. 4,671,201.

E' stato anche proposto nel brevetto statunitense US Patent No. 3,763,703 un mezzo per rilevare in modo strumentale il parametro primario e cioè la pressione  
15 differenziale dell'aria sulla faccia sottovento e sopravvento in un certo punto significativo di una vela. Il dispositivo consiste nel disporre due capillari, uno su una faccia e l'altro sulla faccia opposta della vela, orientandone la bocca "in filo" alla direzione del flusso dell'aria sulla rispettiva faccia della vela e determinando, attraverso un dispositivo di misura differenziale di pressione la differenza di  
20 pressione statica dell'aria che esiste tra la faccia sottovento e quella sopravvento della vela.

E' evidente come anche un tale dispositivo di misura diretta della pressione dell'aria sulle due facce della vela si limiti a determinare una misura valida per il punto in cui sono fissate le estremità dei due capillari, sull'una e sull'altra faccia  
25 della vela.

D'altro canto, come è ben noto ad un velista, la pressione agente su una vela varia in modo considerevole da zona a zona in funzione anche della particolare andatura (angolo di incidenza della vela rispetto alla direzione del vento apparente). Una vela come la randa in particolare, ha una molteplicità di possibilità di regolazione

## RIVENDICAZIONI

1. Dispositivo di rilevazione della pressione esercitata su diversi punti di una superficie di un articolo flessibile e conformabile in forme diverse, comprendente una pluralità di sensori di pressione capacitivi ed almeno un  
5 sistema di polarizzazione e lettura della capacità di detti sensori, caratterizzato dal fatto che

detti sensori di pressione capacitivi sono costituiti da due ordini di elettrodi paralleli o quasi paralleli tra loro, mutualmente ortogonali l'uno all'altro e separati, almeno in corrispondenza delle zone di incrocio tra  
10 elettrodi appartenenti all'uno e all'altro ordine, da uno strato di materiale dielettrico elasticamente comprimibile, costituendo una matrice di armature colonna ed armature riga separate da detto strato resiliente comprimibile dielettrico;

detto sistema di polarizzazione e lettura della capacità comprendendo  
15 circuiti di selezione di un'armatura colonna e di selezione di un'armatura riga e una circuiteria logica di controllo sequenziale di detti circuiti di selezione di colonna e di riga per generare valori di lettura della pressione relativi a singoli pixel di sovrapposizione di una selezionata armatura di colonna con una selezionata armatura di riga.

20 2. Il dispositivo della rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che ciascuno di detti due ordini di elettrodi paralleli è realizzato in forma di un tessuto composto da fili di trama di materiale dielettrico e di fili di ordito alternatamente di materiale conduttore e di materiale dielettrico o viceversa, detti fili di materiale conduttore di un tessuto costituenti detti elettrodi paralleli del rispettivo ordine,  
25 due tessuti essendo stabilmente fissati sulle opposte facce di uno strato dielettrico elasticamente comprimibile.

3. Il dispositivo della rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che ciascuno di detti due ordini di elettrodi paralleli è realizzato in forma di strisce parallele di vernice conduttrice applicata su una rispettiva faccia di uno strato o

- Fig. 12, dai fili di connessione delle singole linee di armatura di colonna e di riga ad altrettanti pin o pad di ingresso di un connettore sul quale è installabile la scheda contenente il dispositivo integrato di indirizzamento selettivo sequenziale e di stimolazione e lettura dei valori di capacità dei singoli pixel. Il sistema di
- 5 scansione, stimolazione, lettura e conversione dei dati di capacità può essere installato in prossimità dell'angolo di bugna della vela, come mostrato in Fig. 12.

Anche in questo caso il sistema di lettura può essere lo stesso già descritto in precedenza in relazione ad altre forme di realizzazione del sensore e ad altre applicazioni.

- 10 Naturalmente, il sistema può produrre mappe di distribuzione della pressione sull'una e sull'altra faccia della vela e, più preferibilmente, produrre una mappa differenziale della distribuzione di pressione, sottraendo i valori di capacità per pixel rilevati sulla faccia sopravvento da quelli rilevati sulla faccia sottovento della vela.

aria o di un fluido gassoso, così che il cuscino possa espandersi o comprimersi dipendentemente dalla pressione dell'aria esterna.

Ciascun tampone dielettrico di materiale elastico può anche comprendere un film metallico su entrambe le facce con funzioni di armatura del relativo condensatore pixel, che è quindi contattato dal nastro o filo di materiale conduttore incorporato nel rispettivo nastro adesivo dell'uno o dell'altro ordine.

La Fig. 13 contiene una vista in pianta e le due sezioni ortogonali di un condensatore pixel costituito all'incrocio tra un elettrodo armatura di riga e un elettrodo armatura di colonna con l'interposizione di un cuscino elastico pieno di un fluido gassoso.

La Fig. 14 mostra in modo schematico la variazione della capacità equivalente misurabile in varie condizioni di deformazione del tampone elasticamente comprimibile ed espandibile di ciascun condensatore pixel.

L'alternativa forma di realizzazione, in cui ciascun tampone elasticamente comprimibile ed espandibile è fornito di uno strato di metallizzazione sulle due facce opposte, tale da non compromettere l'abilità delle facce del tampone di essere flesse dalla differenza di pressione tra il fluido interno del cuscinetto e l'aria esterna, è schematicamente illustrata nella Fig. 15 che mostra una vista in pianta e due sezioni ortogonali di un tale condensatore pixel del sensore dell'invenzione.

In questo caso, le metallizzazioni presenti sulle facce opposte del cuscinetto elasticamente comprimibile o espandibile costituiscono le armature del condensatore pixel e il relativo collegamento di ciascun pixel così precostituito con una rispettiva linea di colonna e una rispettiva linea di riga dello schieramento a matrice di condensatori pixel è stabilito contattando le armature con un filo conduttore incorporato nel nastro adesivo della rispettiva linea di colonna e linea di riga.

Anche in questo caso il sensore è completato, come schematicamente mostrato in

della sua forma per renderla più o meno grassa (panciuta) e per accentuare o limitare la sua torsione a partire dal lato di inferitura sul boma fino all'“allunamento” superiore, in prossimità dell'angolo di penna.

Idealmente quindi per poter ottimizzare la forma e l'orientamento della vela è  
5 fondamentale conoscere non soltanto un singolo valore di pressione differenziale della pressione dell'aria sul lato sopravvento e sul lato sottovento, bensì idealmente avere un'immagine della mappa di distribuzione della pressione sull'intera superficie velica o almeno su una parte considerevole di essa.

Questo peculiare requisito è eccellentemente soddisfatto dal metodo e dal  
10 dispositivo della presente invenzione.

In Fig. 12 è schematicamente illustrata una vela, nell'esempio una randa equipaggiata con un sensore bidimensionale di pressione dell'invenzione.

Nel caso di una vela, un sensore a matrice di condensatori pixel dell'invenzione è realizzato (applicato) sull'una e sull'altra faccia della vela.

15 Ciascun sensore è ovviamente costituito da due ordini di elettrodi paralleli o sostanzialmente quasi paralleli tra loro, ciascuno dei quali è preferibilmente costituito da una pluralità di strisce di nastro adesivo incorporante un nastro di un materiale conduttore, applicate sulla superficie della vela. Il secondo ordine di elettrodi è quindi applicato sopra il primo ordine di elettrodi, interponendo in  
20 ciascuna zona di incrocio tra un elettrodo armatura del primo ordine e un elettrodo armatura del secondo ordine un tampone dielettrico di un materiale elasticamente comprimibile.

Il nastro conduttore incorporato nel nastro adesivo può essere una striscia di finissimo foglio di alluminio ed eventualmente avere un proprio coating o  
25 trattamento superficiale di anodizzazione. I tamponi elastici possono essere realizzati sottoforma di semplici cerotti o pezzi di soffice espanso elastico.

Preferibilmente il tampone dielettrico è in questo caso costituito da un cuscino tondo di plastica con le due facce contrapposte elasticamente flessibili, pieno di



multistrato dielettrico comprendente almeno uno strato elasticamente comprimibile.

4. Il dispositivo della rivendicazione 1, caratterizzato dal fatto che ciascuno di detti due ordini di elettrodi paralleli o quasi tra loro, è costituito da una pluralità di strisce di nastro adesivo incorporante un nastro di un materiale conduttore applicate sulla superficie di detto articolo flessibile e conformabile; il secondo ordine di elettrodi essendo applicato sopra il primo ordine di elettrodi interponendo in ciascuna zona di incrocio tra un elettrodo del primo ordine ed un elettrodo del secondo ordine, un tampone dielettrico elasticamente comprimibile.

5. Il dispositivo della rivendicazione 4, caratterizzato dal fatto che ciascuno di detti tamponi dielettrici di materiale elasticamente comprimibile comprende un film metallico su entrambe le facce contattato da detto nastro di materiale conduttore del rispettivo nastro adesivo dell'uno o dell'altro ordine.

6. Il dispositivo secondo la rivendicazione 4 o 5, caratterizzato dal fatto che detto tampone dielettrico elasticamente comprimibile è un cuscino contenente un fluido gassoso, le facce contrapposte del quale sono elasticamente deformabili dipendentemente dalla differenza di pressione tra il fluido interno al cuscino e l'area esterna.

7. Dispositivo secondo la rivendicazione 4, 5 o 6, caratterizzato dal fatto che l'articolo flessibile e conformabile è una vela e detta matrice di armature colonna e di armature riga di detti sensori capacitivi di pressione è presente su entrambe le facce della vela.

8. Sensore bidimensionale di pressione per generare immagini della mappa di distribuzione della pressione sopra la superficie di un articolo flessibile e conformabile in forme diverse, costituito da due ordini di elettrodi paralleli o quasi paralleli tra loro, ortogonali l'uno all'altro e separati, almeno in corrispondenza delle zone di incrocio tra elettrodi appartenenti all'uno e all'altro ordine, da un dielettrico elasticamente comprimibile, costituenti una matrice di armature colonna ed armature riga separate da detto strato dielettrico

elasticamente comprimibile, leggibile per scansione dei singoli pixels di sovrapposizione in dette zone di incrocio di una selezionata armatura di colonna con una selezionata armatura di riga.

9. Il sensore bidimensionale di pressione della rivendicazione 8, 5  
caratterizzato dal fatto che ciascuno di detti due ordini di elettrodi paralleli è in forma di un tessuto composto da fili di trama di materiale dielettrico e da fili di ordito alternatamente di materiale conduttore e di materiale dielettrico o viceversa, detti fili di materiale conduttore di un tessuto costituenti detti elettrodi paralleli del rispettivo ordine, due tessuti essendo stabilmente fissati sulle opposte facce di uno 10  
strato dielettrico elasticamente comprimibile.

10. Il sensore bidimensionale di pressione della rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che ciascuno di detti due ordini di elettrodi paralleli è realizzato in forma di strisce parallele di vernice conduttrice applicata su una rispettiva faccia di uno strato o multistrato dielettrico comprendente almeno uno 15  
strato dielettrico elasticamente comprimibile.

11. Il sensore bidimensionale di pressione della rivendicazione 8, caratterizzato dal fatto che ciascuno di detti due ordini di elettrodi paralleli o quasi tra loro, è costituito da una pluralità di strisce di nastro adesivo incorporante un nastro o filo di un materiale conduttore, applicate su una superficie di detto 20  
articolo flessibile e conformabile; il secondo ordine di elettrodi essendo applicato sopra il primo ordine di elettrodi interponendo in ciascuna zona di incrocio tra un elettrodo del primo ordine ed un elettrodo del secondo ordine, un tampone dielettrico elasticamente comprimibile.

12. Il sensore di pressione bidimensionale della rivendicazione 11, 25  
caratterizzato dal fatto che ciascuno di detti tamponi dielettrici elasticamente comprimibili comprende un film metallico su entrambe le facce contattato da detto filo di materiale conduttore del rispettivo nastro adesivo dell'uno o dell'altro ordine.

13. Il sensore di pressione bidimensionale della rivendicazione 11 o 12,

caratterizzato dal fatto che ciascuno di detti tamponi dielettrici elasticamente comprimibili è costituito da un cuscino di materiale elastico riempito con un fluido gassoso, le facce contrapposte del cuscino essendo flesse in un senso o nell'altro in funzione della differenza di pressione tra il fluido interno al cuscino e  
5 il fluido esterno.

14. Metodo di regolazione di una vela consistente nell'ottimizzare la pressione agente sulla faccia sopravvento della vela agendo su diversi organi di regolazione della forma e dell'orientazione della vela rispetto al vento apparente, basato su una misurazione della pressione, caratterizzato dal fatto che la pressione  
10 e la sua distribuzione sopra la superficie velica è determinata producendo un'immagine in tempo reale della mappa di distribuzione e del valore della pressione sull'intera superficie della vela o su una parte significativa di essa su un display grafico, ottenuta da misure della pressione locale effettuate per scansione di singoli pixel di una griglia o matrice di sensori di pressione capacitivi realizzata  
15 sopra detta superficie di vela, secondo una delle rivendicazioni 5, 6 e 7.

15. Il metodo della rivendicazione 14, caratterizzato dal fatto che detta griglia o matrice di sensori di pressione capacitivi è realizzata sopra la superficie della vela di entrambe le facce producendo un'immagine in tempo reale della mappa di distribuzione della pressione differenziale dell'aria sull'una e sull'altra  
20 faccia della vela.



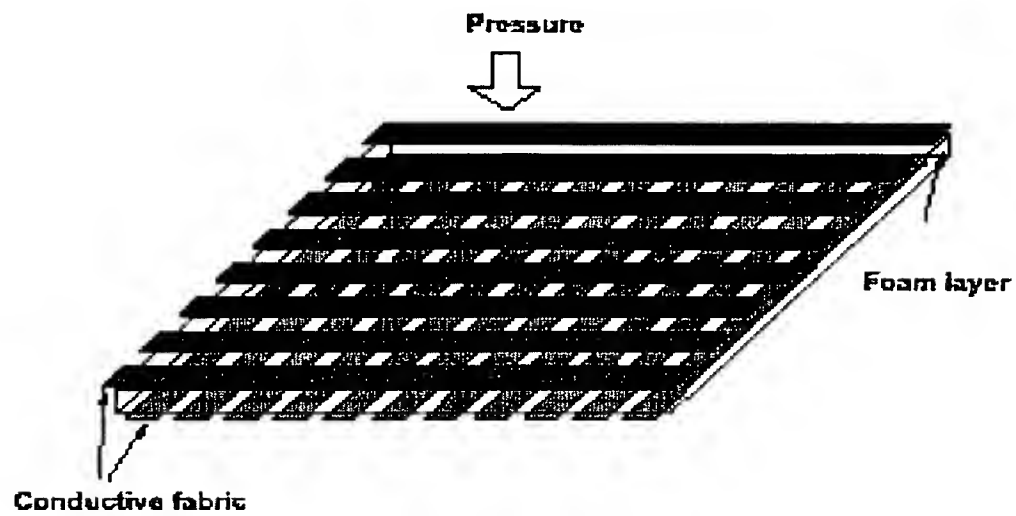


FIG. 1

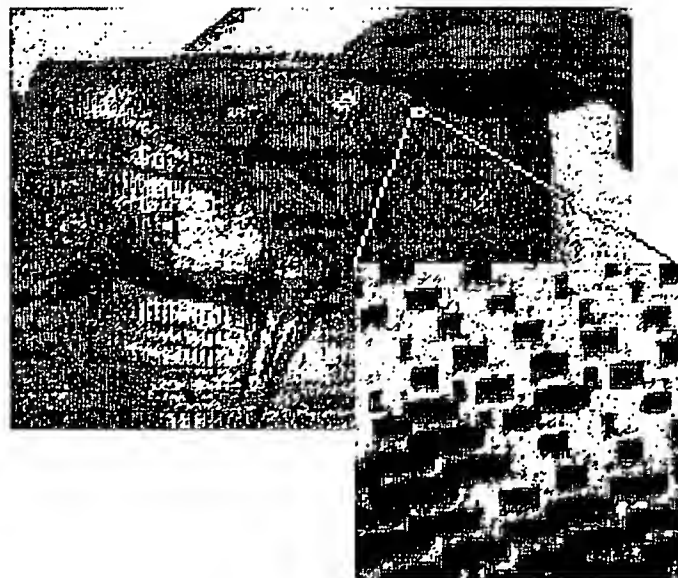


FIG. 2

2/7

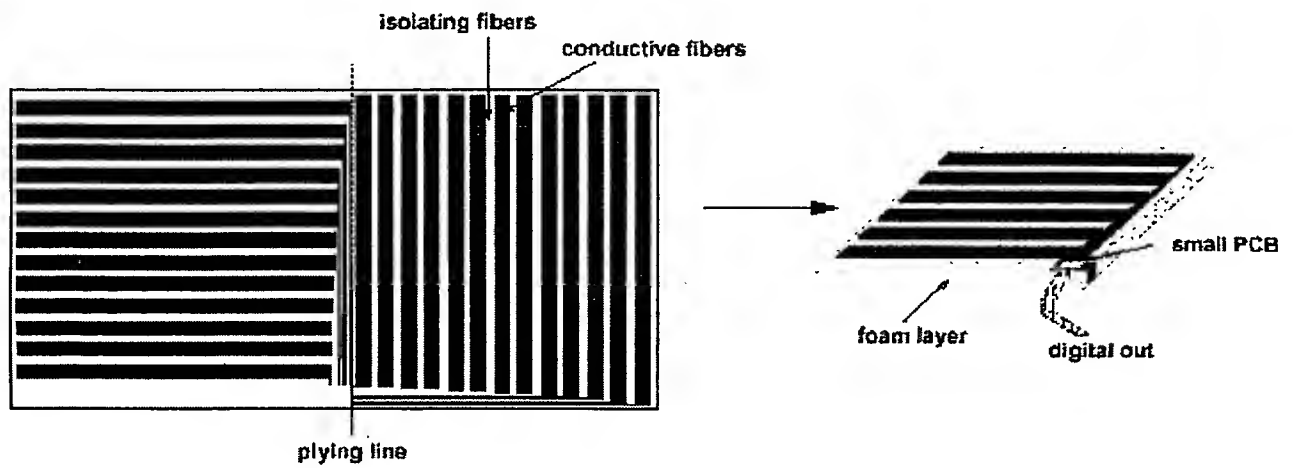


FIG. 3

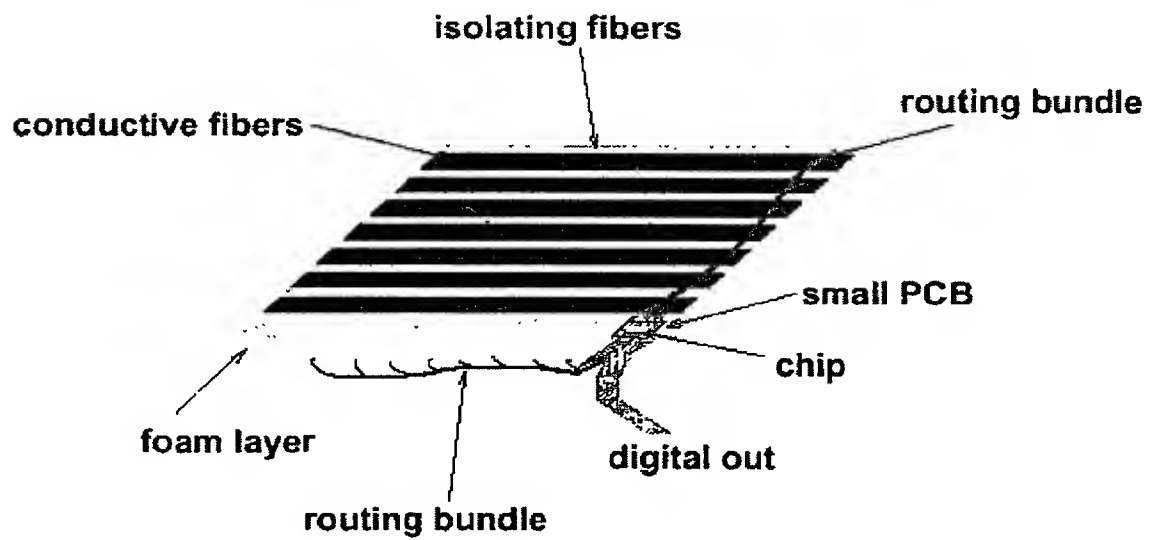


FIG. 4

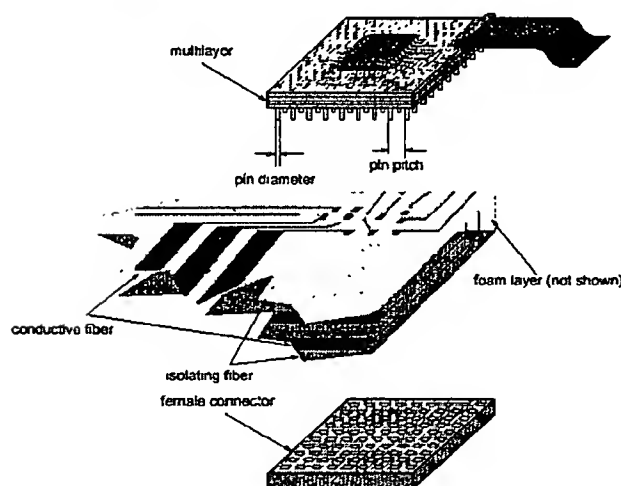


FIG. 5A

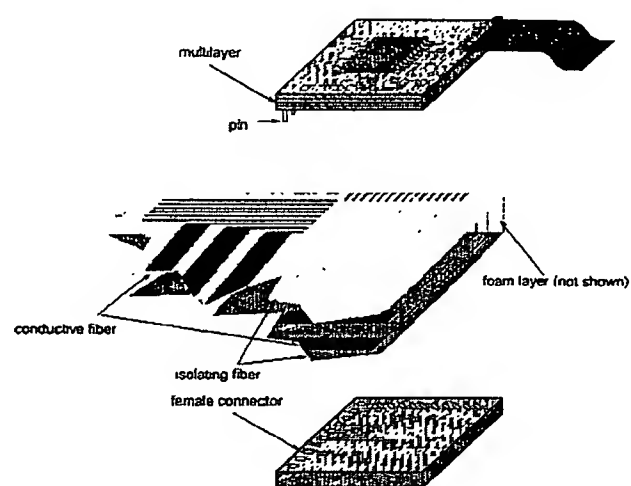


FIG. 5B

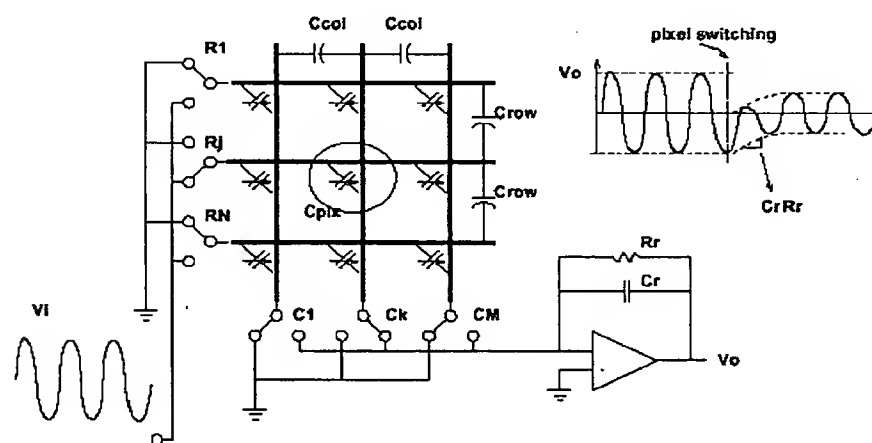


FIG. 6

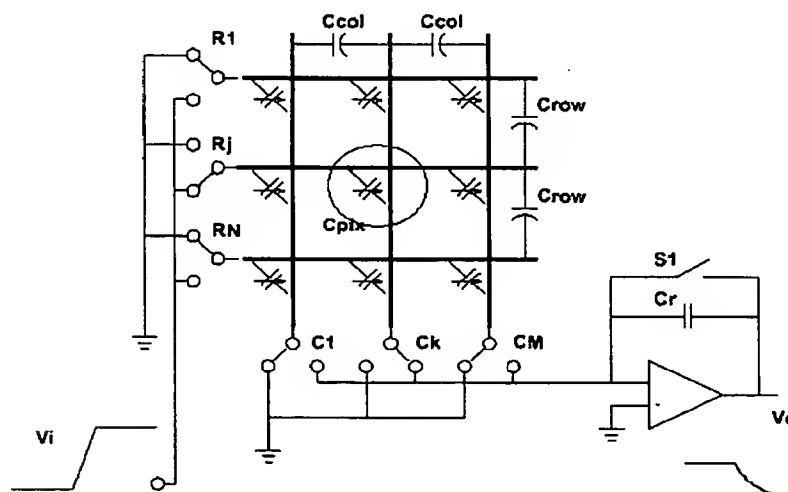


FIG. 7

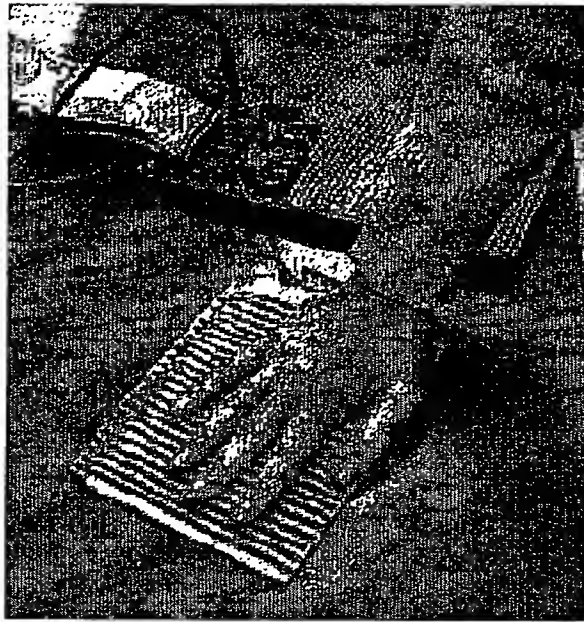


FIG. 8

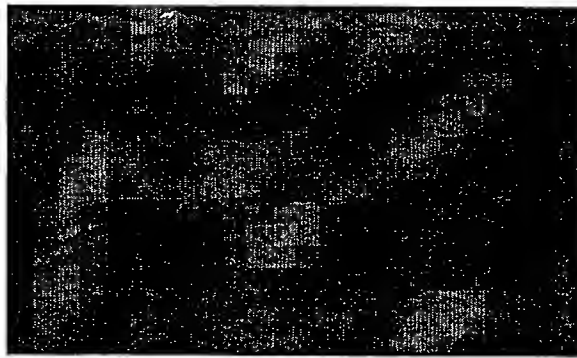


FIG. 9

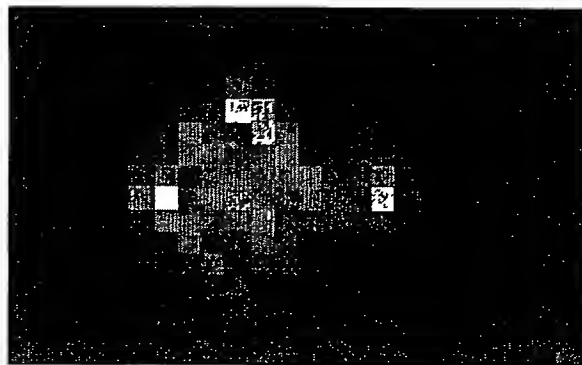


FIG. 10



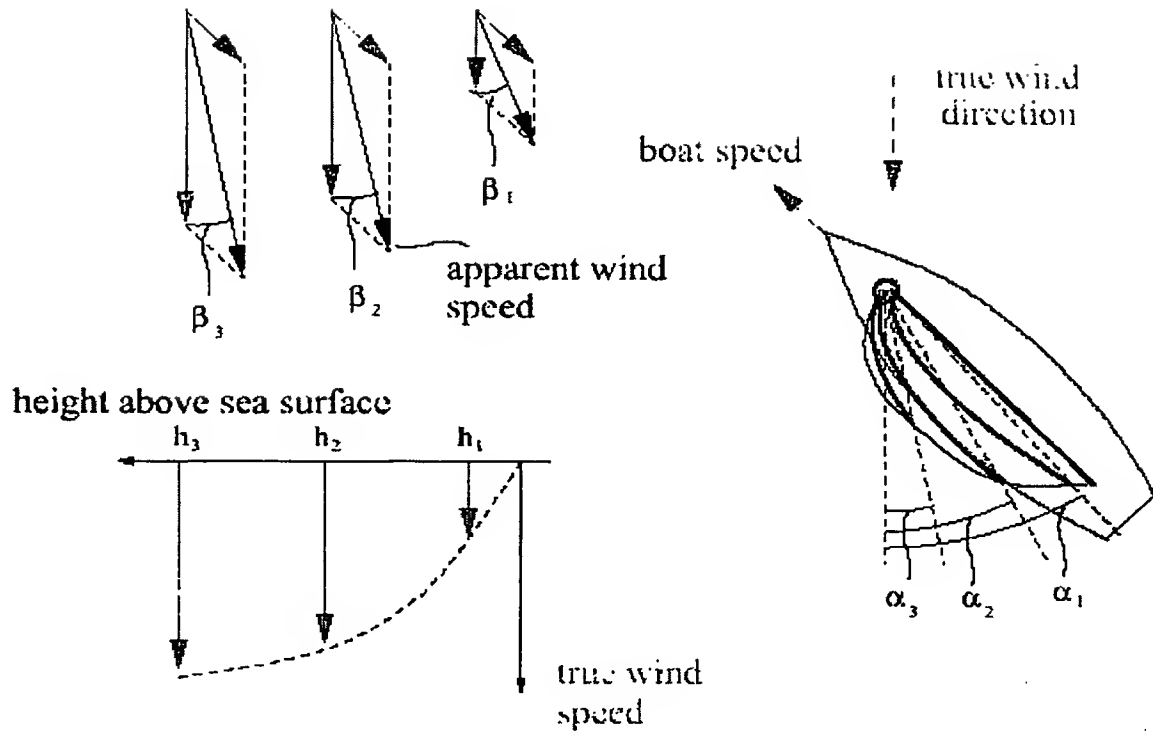


FIG. 11

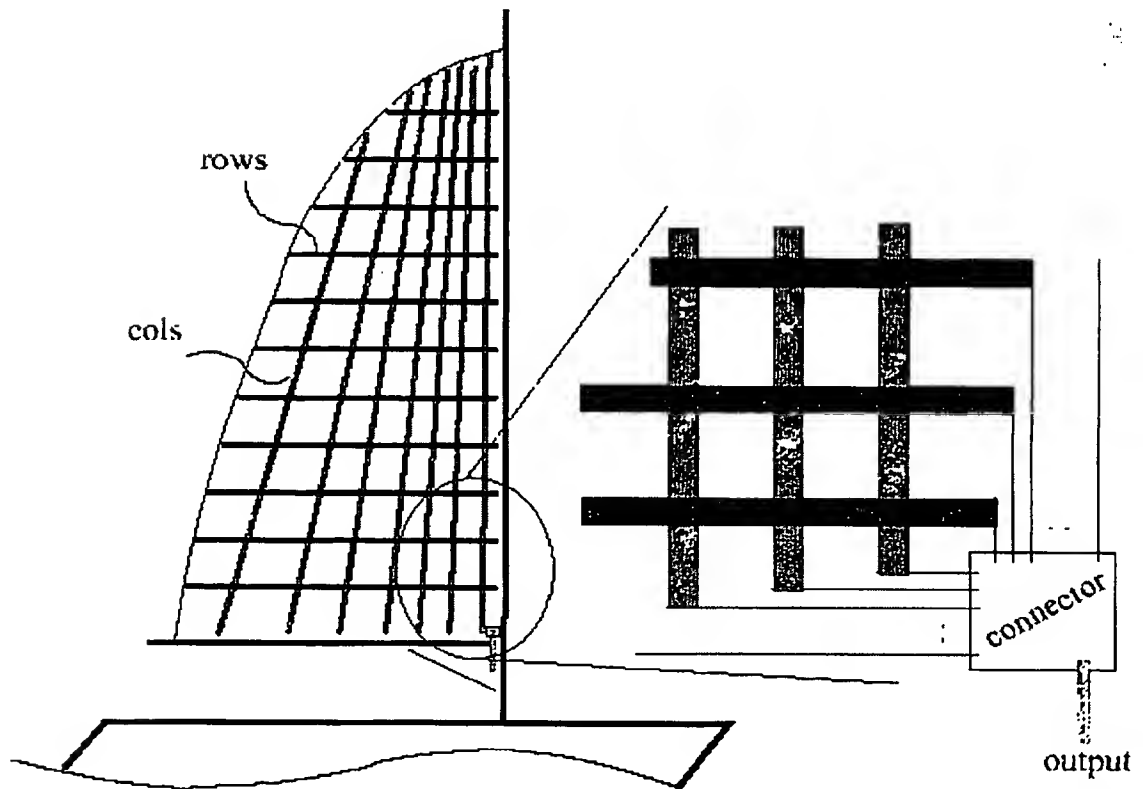


FIG. 12

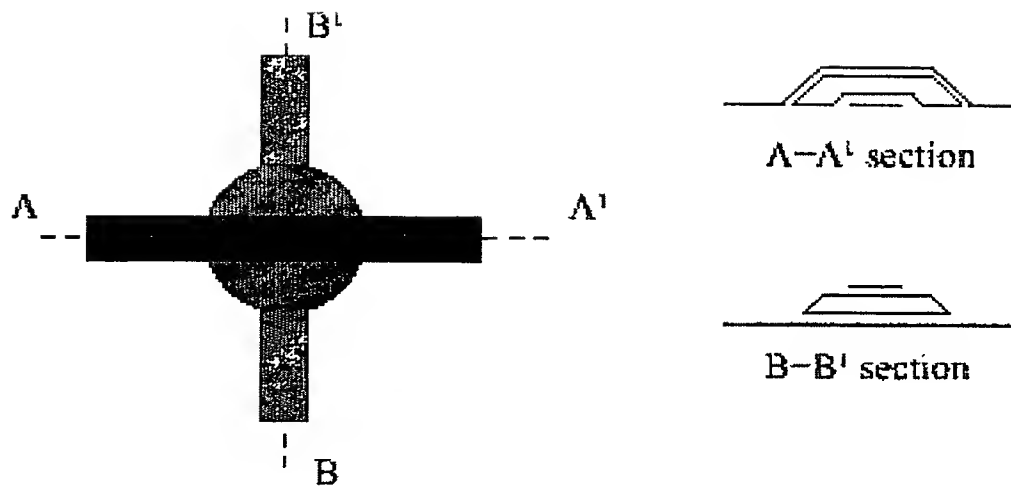


FIG. 13

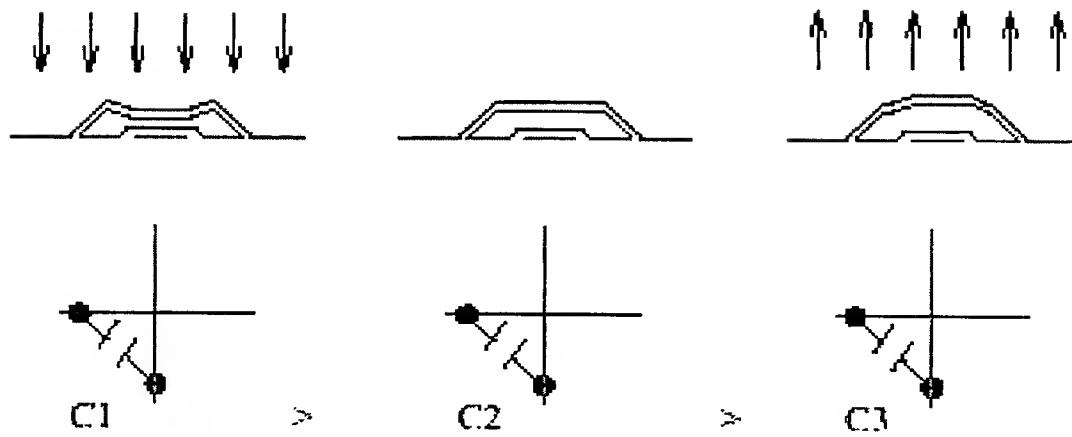


FIG. 14

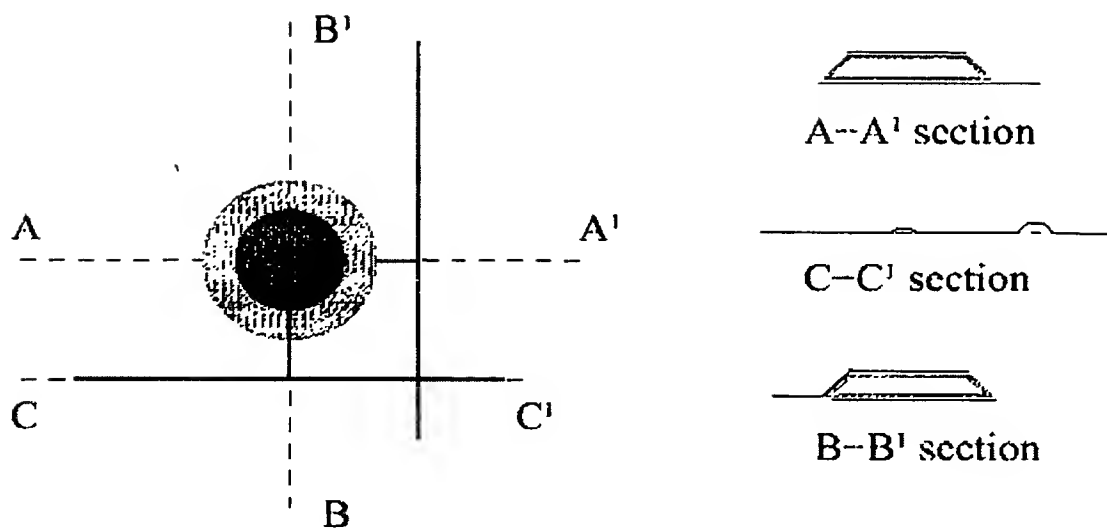


FIG. 15

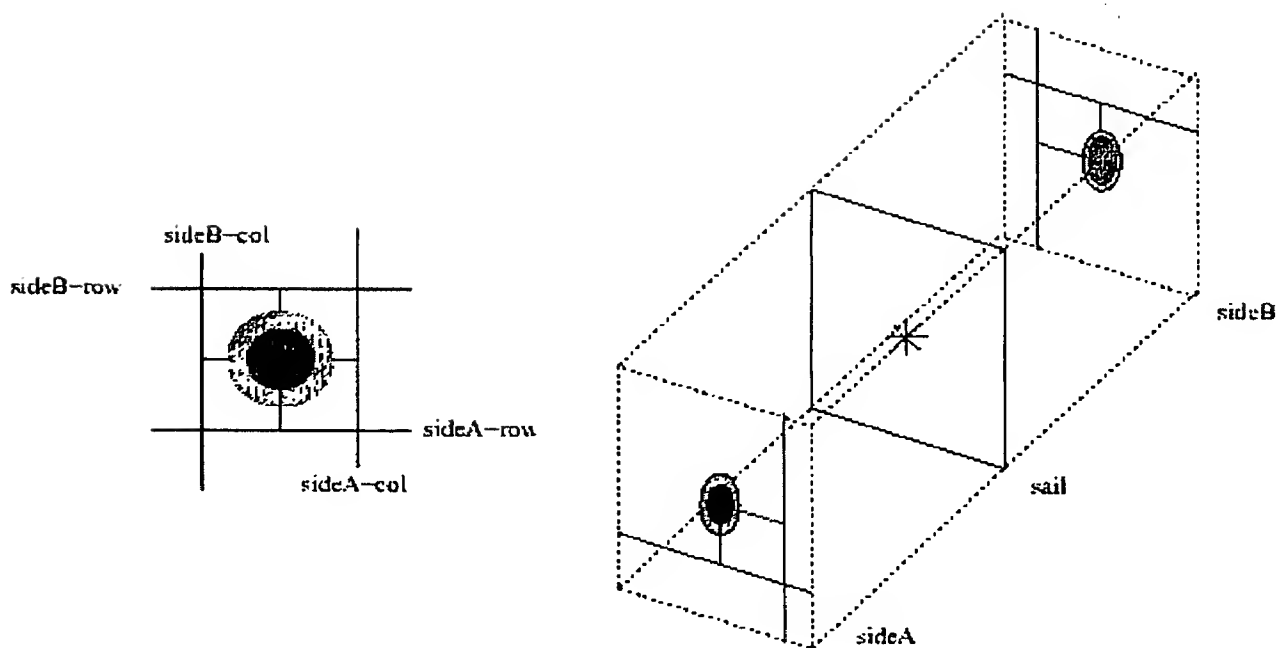


FIG. 16

**This Page Blank (uspto)**